Journal of Agroecology
Vol. 11, No.2, Summer 2019, p. 543-560

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 2، تابستان 1398، ص 560-543

اثر نسبت‌های کشت مخلوط جایگزینی زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) و موسیر (*Allium altissimum* Regel.) بر شاخص‌های رشدی

جواد مشکانی[1]، محمد کافی[2*]، سرور خرم دل[3] و فاطمه معلم بنهنگی[4]

تاریخ دریافت: 1396/06/28
تاریخ پذیرش: 1397/05/01

مشکانی، ج.، کافی، م.، خرم دل، س.، و معلم بنهنگی،ف. 1398. اثر نسبت‌های کشت مخلوط جایگزینی زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) و موسیر (*Allium altissimum* Regel.) بر شاخص‌های رشدی. بوم‌شناسی کشاورزی، 11 (2): 560-543.

چکیده

به‌منظور بررسی اثر نسبت‌های کشت مخلوط جایگزینی زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) و موسیر (*Allium altissimum* Regel.) بر ویژگی‌های اکولوژیک و شاخص‌های رشدی دو گونه، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی 94-1393 انجام شد. نسبت‌های کشت مخلوط جایگزینی شامل 20٪ موسیر + 80٪ زیره سبز،40% موسیر + 60٪ زیره سبز، 50٪ موسیر + 50٪ زیره سبز، 80٪ موسیر +20٪ زیره سبز، 60٪ موسیر + 40٪ زیره سبز و کشت خالص هر دو گونه به‌عنوان تیمار مدنظر قرار گرفتند. تراکم غده‌های موسیر و بذر زیره سبز به ترتیب برابر با 10 و 120 بوته در مترمربع بود. شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد شامل شاخص سطح برگ، میزان تجمع ماده خشک، سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی هر دو گونه بودند. نتایج نشان داد که اثر نسبت‌های کشت مخلوط دو گیاه دارویی زیره سبز و موسیر بر روند تجمع ماده خشک، شاخص‌های رشدی سطح برگ، سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی هر دو گیاه تأثیرگذار بود؛ به‌طوری‌که بیشترین میزان تجمع ماده خشک زیره سبز و موسیر در کشت خالص به ترتیب با 426 و 289 گرم بر مترمربع به‌دست آمد. بالاترین سرعت رشد محصول زیره سبز، 55 روز پس از سبز شدن از کشت خالص (8/45 گرم در مترمربع در روز) و کمترین مقدار آن از تیمار 20% زیره سبز + 80٪ موسیر (6/7 گرم در مترمربع در روز) به‌دست آمد. بیشترین و کمترین مقدار CGR موسیر 50 روز پس از سبز شدن در کشت خالص با 7/98 گرم در مترمربع و تیمار 80٪ زیره سبز + 20٪ موسیر 45 روز پس از سبز شدن به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی، شاخص سطح برگ، شاخص‌های فیزیولوژیک، گیاه دارویی

مقدمه

امروزه کشاورزی از یک‌طرف درصدد تأمین غذای جمعیت رو به افزایش جهان و از طرف دیگر به دنبال ایجاد هماهنگی و همسویی بیشتر بین فرایند افزایش تولیدات غذایی با اهداف محیطی، اجتماعی و اقتصادی جهان می‌باشد. حصول این هدف نیازمند افزایش کارایی استفاده از نهاده‌ها و کشت و توسعه گونه‌های فراموش شده‌ی گیاهان می‌باشد (Bannayan, 2001).

یکی از راهکارهای مدیریت بوم‌نظام‌های کشاورزی در جهت افزایش عملکرد، افزایش بهره‌وری منابع، کاهش مصرف سموم و آفت‌کش‌ها، رقابت با علف‌های هرز و پایداری درازمدت، استفاده از کشت مخلوط است (Ggosh at el., 2006).

کشت مخلوط عبارت است از کشت چند محصول در یک زمین زراعی در یک سال، به عبارتی تولید حداکثر در واحد زمان و مکان که موجب حداکثر بهره‌وری از زمان و مکان می‌شود و در مقابل آن بوم نظام تک‌کشتی یا کشت خالص قرار دارد که در یک قطعه زمین در

1، 2، 3 و 4- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد رشته کشاورزی اکولوژیک، استاد، دانشیار و دانشجوی دکتری رشته بوم‌شناسی زراعی گروه اگروتکنولوژی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: m.kafi@um.ac.ir)
Doi:10.22067/jag.v11i2.67513

یک سال فقط یک گیاه کاشته می‌شود و در اینجا تنها واحد سطح اهمیت دارد (Dai at el., 2013). کشت مخلوط به‌عنوان یکی از مهم‌ترین بوم نظام‌های کشاورزی قابل اجرا در بسیاری از کشورهای توسعه یافته شناخته‌شده و به جهت تنوع محصولات و افزایش سود حاصله در واحد سطح و زمان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Eskandari et al., 2016; Najibnia, 2010). در کشت مخلوط تنها هدف، افزایش عملکرد نبوده بلکه مزایای زیادی مدنظر می‌باشد که این مزایا تنها با یک مدیریت درست حاصل می‌شود. از طرف دیگر، مدیریت موفق در بوم‌نظام کشت مخلوط به شناخت پویایی جمعیت هر یک از اجزا و خصوصیات آشیان آن‌ها بستگی دارد (Nassiri Mahallati et al., 2006). از جمله اهدافی که در کشت مخلوط دنبال می‌شوند می‌توان به افزایش کارایی استفاده از منابع به ویژه نور (Koocheki et al., 2012; Hosseinpanahi et al., 2010; Alizadeh et al., 2016)، آب (Walker & Ogindo, 2003) و نیتروژن (Zhang & Li, 2003; Najibnia, 2010) در مقایسه با کشت‌های خالص اشاره کرد (Nassiri Mahallati et al., 2010; Yi Kai et al., 2012). همچنین افزایش ثبات عملکرد به ویژه تحت شرایط تنش‌های مختلف محیطی، افزایش کمیت و کیفیت محصول (Banik at el.,2006) کاهش مصرف سموم و آفت-کش‌های شیمیایی و کنترل فرسایش خاک (Ggosh et al., 2006) از دیگر مزایای کشت مخلوط می‌باشد.

زیره سبز با نام علمی (*Cuminum cyminum* L.) متعلق به تیره جعفری به‌عنوان یکی از مهمترین گیاهان دارویی اهلی در عربستان، هند، چین و کشورهای هم‌مرز با خاورمیانه محسوب می‌شود که به دلیل داشتن ویژگی‌هایی از قبیل فصل رشد کوتاه، نیاز آبی کم، عدم تداخل فصل رشد با سایر محصولات کشاورزی، توجیه اقتصادی بالا نسبت به محصولات زراعی دیگر و صادراتی بودن، جایگاه ویژه‌ای در مناطق خشک و نیمه‌خشک از جمله در استان خراسان پیداکرده است (Rahimian et al., 1991).

موسیر (*Allium altissimum* Regel.) نیز یکی دیگر از مهم-ترین گونه‌های دارویی و صنعتی جنس *Allium* در ایران می‌باشد که به‌صورت خودرو و طبیعی در مناطق مرتفع با اقلیم خیلی سرد تا نیمه-سرد از جمله خراسان، لرستان و دیگر مناطق کشور با ارتفاع بیش از 1000 متر از سطح دریا و در شیب‌های مختلف رشد می‌کند (Kafi, 1989).

درحال‌حاضر تقاضای جهانی برای بسیاری از گونه‌های وحشی دارویی و معطر به دلیل افزایش و تنوع نیازهای بشر رو به افزایش می‌باشد و بخش اعظم این گونه‌های از طبیعت جمع‌آوری می‌شوند، لذا افزایش تقاضا برای این گونه‌ها باعث تخریب و بهره‌برداری بی‌رویه از آنها در طبیعت شده است و بسیاری از گونه‌های وحشی دارویی به دلیل برداشت بی‌رویه و ناپایدار در معرض تخریب و انقراض قرارگرفته‌اند، در این شرایط به نظر می‌رسد که تولید این گونه‌های مهم در بوم نظام‌های زراعی بتواند به‌عنوان راهکار مهمی در تأمین تقاضای رو به رشد جهان عمل کند (Gopta et al., 1995; Kafi et al., 2011). از طرفی، با توجه به خصوصیات رشدی این گونه‌ها در طبیعت، بهتر است کاشت آنها در بوم نظام‌های زراعی با هدف حفاظت از تنوع زیستی و بهبود تنوع گونه‌ای به‌صورت کشت مخلوط مدنظر قرار گیرد.

با عنایت به مطالب فوق و با توجه به اختلاف مورفولوژیکی دو گیاه زیره سبز و موسیر، هدف از این مطالعه بررسی تغییرات شاخص‌های رشدی دو گونه دارویی زیره سبز و موسیر تحت تأثیر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط سری‌های جایگزینی بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی 94-1393 در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در 10 کیلومتری جنوب شرقی مشهد (با طول جغرافیایی 59 درجه و 36 دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی 36 درجه و 15 دقیقه شمالی و ارتفاع 985 متر از سطح دریا)، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هفت تیمار و سه تکرار طراحی و اجرا شد. تراکم بوته برای گیاه زیره سبز به‌عنوان گیاه اصلی 120 بوته در مترمربع (Zarifpour et al., 2014) و تراکم موسیر نیز 10 بوته در مترمربع (Kafi et al., 2011; Mansouri et al., 2014) در نظر گرفته شد.

به‌منظور تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، از عمق صفر تا 30 سانتی‌متری مزرعه توسط اوگر به‌صورت تصادفی چند نمونه قبل از شروع آزمایش برداشت که نتایج حاصل از تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول 1 نشان داده‌شده است.

جدول 1- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1- Some physicochemical indices of soil in the experimental site

بافت Texture	نیتروژن کل N total (ppm)	فسفر قابل‌جذب Available P ($kg.mg^{-1}$)	پتاسیم قابل‌جذب Available K ($mg.kg^{-1}$)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC ($dS.cm^{-1}$)	ماده آلی Organic (%) matter
سیلتی لوم Silty loam	0.085	16	230	7.78	3.1	0.65

عملیات تهیه بستر کاشت، شامل دیسک و لولر در اواسط آبان ماه انجام شد و در کلیه تیمارها به‌صورت یکنواخت 20 تن در هکتار کود دامی پوسیده از نوع گاوی به خاک اضافه و تا عمق 30-0 سانتی‌متری با خاک مخلوط شد. فاصله کرت‌ها از یکدیگر 0/5 متر و فاصله بلوک‌ها یک متر در نظر گرفته شد. برای بذر زیره سبز از توده سبزوار و برای پیاز موسیر از توده کلات استفاده شد. غده‌های موسیر و بذر زیره سبز به‌صورت همزمان و به شیوه خشکه‌کاری در کرت هایی به طول سه متر و عرض دو متر هر گونه روی چهار ردیف بافاصله 50 سانتی‌متر به‌صورت دستی در بیستم آبان ماه کاشته شدند. به‌منظور سبز شدن یکنواخت و سریع بذور زیره سبز، دو نوبت آبیاری، یکی بلافاصله بعد از کاشت به‌منظور تسهیل در سبز شدن و دیگری 20 روز بعدازآن انجام شد و در طول فصل رشد در مرحله گلدهی نیز آبیاری تکمیلی انجام شد. عملیات تنک دستی گیاهان برای دستیابی به تراکم موردنظر و همچنین وجین علف‌های هرز دو هفته پس از سبز شدن صورت گرفت. حذف علف‌های هرز به‌صورت مرتب در طول فصل رشد به‌صورت دستی بود. همچنین به‌منظور اجرای مدیریت اکولوژیک و کم نهاده از هیچ‌گونه نهاده شیمیایی در طول فصل رشد جهت بهبود رشد و حفاظت از گیاهان استفاده نشد.

به‌منظور بررسی آنالیزهای رشد و تعیین شاخص‌های فیزیولوژیکی دو گونه، نمونه‌برداری‌های تخریبی برای تعیین شاخص سطح برگ و وزن خشک (برای زیره سبز و موسیر از سطح پنج بوته) از دو هفته پس از تنک به فاصله هر 14 روز یکبار تا پایان فصل رشد (پنج مرتبه) با حذف اثرات حاشیه‌ای به‌صورت تصادفی و به شیوه مربعی انجام شد. بدین منظور، هر کرت به دو بخش تقسیم و یک بخش به نمونه‌برداری‌های تخریبی اختصاص داده شد. سطح برگ توسط دستگاه سطح برگ‌سنج مدل VM-900 ساخت کشور تایوان اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها جهت تعیین وزن خشک درون پاکت‌های کاغذی قرارگرفته و به مدت 48 ساعت در دمای 70 درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده شدند و درنهایت، برای تعیین وزن خشک استفاده گردیدند. شاخص‌های رشدی موردبررسی عبارتند از: شاخص سطح برگ (LAI)[1]، میزان تجمع ماده خشک (TDM)[2]، سرعت رشد محصول (CGR)[3] و سرعت رشد نسبی[4] (RGR). برای تعیین مدل ریاضی مناسب و برازش تغییرات وزن خشک گیاه (TDM) و شاخص سطح برگ (LAI) نسبت به‌روزهای پس از کاشت، از بین معادلات غیرخطی آزمون شده، مدل لجستیک (معادله 1) به دلیل برخورداری از بهترین ضریب تبیین (R^2) مورداستفاده قرار گرفت (Koocheki & Sarmadniya, 2012).

$$LAI = TDM = \frac{a}{(1 - b \times \exp(-c \times t))} \quad \text{معادله (1)}$$

که در این معادله، a: حداکثر ماده خشک یا شاخص سطح برگ، b: ضریب ثابت معادله و c: میانگین سرعت رشد نسبی در طی فصل رشد می‌باشد. سپس سرعت رشد محصول (CGR) و سرعت رشد نسبی (RGR) به ترتیب از مشتق اول (معادله 2) و دوم (معادله 3) برازش شده به وزن خشک گیاه به‌دست آمد.

$$CGR = \frac{dy}{dt} = \frac{a \times b \times c \times \exp(-c \times t)}{((1 + b \times \exp(-c \times t))^2} \quad \text{معادله (2)}$$

$$RGR = \frac{d_z y}{dt} = \frac{b \times c \times \exp(-c \times t)}{(1 + b \times \exp(-c \times t))} = \frac{CGR}{TDW} \quad \text{معادله (3)}$$

در این معادلات، a، b و c: ضرایب در معادله (1) می‌باشد.

به‌منظور ارزیابی سودمندی و کارایی کشت مخلوط و بررسی تأثیر رقابت بین دو گونه استفاده‌شده در کشت مخلوط از دو شاخص مقایسه‌ای ضریب ازدحام نسبی و شاخص سودمندی سیستم استفاده شد، که به شرح ذیل می‌باشند:

ضریب ازدحام نسبی یا K، از روابط زیر محاسبه گردید:

$$Kcumin = \frac{YC1\ ZS1}{(YC - YC1)ZC1} \quad \text{معادله (4)}$$

$$Kshallot = \frac{YS1\ ZC1}{(YS - YS1)ZS1} \quad \text{معادله (5)}$$

$$K = Kcumin \times Kshallot \quad \text{معادله (6)}$$

مقدار ضریب ازدحام نسبی برای زیره سبز در کشت مخلوط از

1- Leaf area index
2- Total dry matter
3- Crop growth rate
4- Relative growth rate

معادله 4 و برای گیاه موسیر از معادله 5 محاسبه گردید. از حاصلضرب ضرایب ازدحام گونه‌های تشکیل‌دهنده کشت مخلوط، ضریب ازدحام نسبی کشت مخلوط (معادله6) به‌دست می‌آید. در این روابط، Zs نسبت کاشت (درصد) موسیر در کشت مخلوط و Zc نسبت کاشت(درصد) زیره سبز در کشت مخلوط است. در معادله 6 درصورتی‌که مقدار K بزرگتر از یک باشد، گونه‌ها دارای حداکثر رقابت هستند، اگر K مساوی با یک باشد، گونه‌ها کمترین کارایی را در استفاده از منابع خواهند داشت(Lithourgidis et al., 2011).

شاخص سودمندی سیستم SPI، با استفاده از معادله 7 محاسبه گردید (Oddo, 1991):

$$SP1 = \left(\frac{Scumin}{Sshallot}\right) + Yshallot + Ycumin$$ معادله (7)

به‌منظور برازش داده‌ها و رسم نمودارها از نرم‌افزار Slide write و Excel استفاده شد. داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و با نرم‌افزار SAS 9.1 تجزیه و تحلیل و میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

عملکرد پیاز تر و خشک

عملکرد پیاز تر و خشک موسیر به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر نسبت‌های کشت مخلوط جایگزینی با زیره سبز قرار گرفت. عملکرد پیاز تر در واقع مجموع پیاز دختری و مادری بود، بنابراین روند افزایش آن از تیمار 80٪ زیره سبز + 20٪ موسیر به سمت کشت خالص موسیر مانند عملکرد پیاز دختری و مادری بود و با بالا رفتن تراکم، عملکرد تر و خشک پیاز موسیر که مهمترین بخش اقتصادی این گیاه محسوب می‌شود (Mansouri et al., 2014; Sabzevariet al., 2013)، افزایش یافت؛ به‌طوری‌که بالاترین و کمترین عملکرد پیاز تر به ترتیب از کشت خالص موسیر و 80٪ زیره سبز + 20٪ موسیر به‌دست آمد. در مقایسه بین تیمارهای جایگزینی، تیمار 20٪ زیره سبز + 80٪ موسیر (284/5 گرم بر مترمربع) دارای بیشترین عملکرد پیاز تر بود (شکل1).

روند افزایش وزن خشک نیز مانند عملکرد پیاز تر بود و در سطح احتمال یک درصد تأثیر معنی‌داری پذیرفت (شکل 1). به‌طوری‌که بالاترین عملکرد پیاز خشک از تیمارهای کشت خالص (89/2 گرم در مترمربع) و در بین تیمارهای کشت مخلوط جایگزینی تیمار20٪ زیره سبز + 80٪ موسیر (85/3 گرم در مترمربع) بالاترین مقدار را داشت که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نشان ندادند (جدول 3). کمترین عملکرد خشک نیز از تیمار 80٪ زیره سبز + 20٪ موسیر (30/5 گرم در مترمربع) به‌دست آمد که نسبت به کشت خالص 63 درصد کاهش نشان داد.

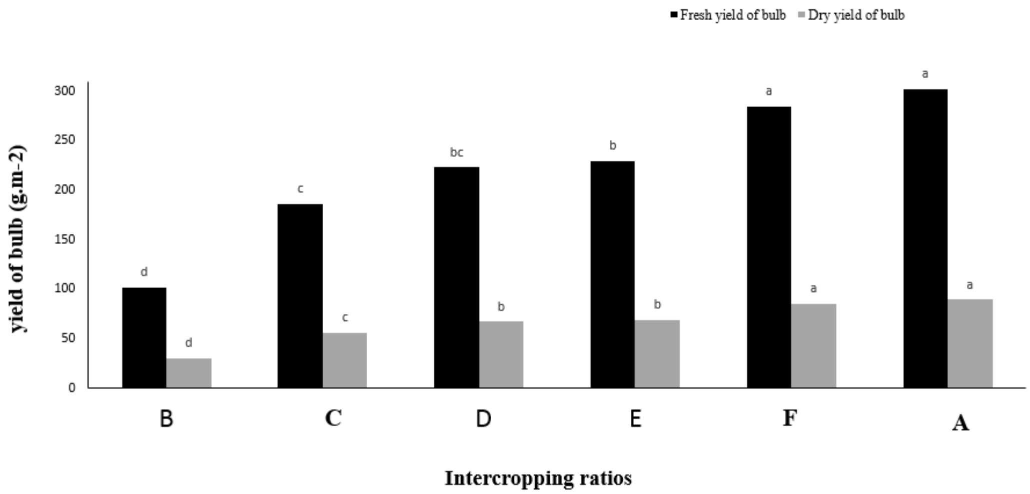
عملکرد دانه زیره سبز

اثر نسبت‌های کشت مخلوط جایگزینی با موسیر به‌طور معنی‌داری عملکرد دانه زیره سبز را تحت تأثیر قرارداد (شکل2). همانطور که در شکل2 نشان داده شده است، بیشترین عملکرد دانه از کشت خالص زیره سبز با 115 گرم در مترمربع به‌دست آمد و حداقل عملکرد (47 گرم در مترمربع) به تیمار 20٪ زیره سبز + 80٪ موسیر اختصاص داشت (شکل2). کاهش عملکرد در تیمارهای مختلف کشت مخلوط نسبت به کشت خالص را می‌توان به کاهش تراکم و فضای اختصاص یافته به بوته‌ها جهت رشد در نسبت‌های کشت مخلوط جایگزینی نسبت داد. خرم‌دل و همکاران (Khorramdel et al., 2016) با مطالعه تأثیر نسبت‌های کشت مخلوط افزایشی زیره سبز با زعفران گزارش نمودند که بیشترین عملکرد دانه زیره سبز برای کشت خالص با 120/87 گرم بر مترمربع به‌دست آمد.

شاخص سطح برگ

شاخص سطح برگ (LAI) هر دو گونه زیره سبز و موسیر تحت تأثیر نسبت‌های کشت مخلوط افزایشی قرار گرفت، به‌طوری‌که با گذشت زمان طی روزهای پس از سبز شدن با روندی افزایشی به حداکثر رسید و پس از آن تا انتهای فصل رشد در همه تیمارها به دلیل زرد شدن و پیری برگ‌های پایین تاج‌پوشش گیاهی و نزدیک شدن به مرحله رسیدگی روند کاهشی مشاهده گردید (شکل 3).

بیشترین شاخص سطح برگ زیره سبز (1/22) در کشت خالص به‌دست آمد (شکل 3). از آنجا که شاخص سطح برگ، معادل نسبت سطح برگ به سطح زمین سایه‌انداز برگ است (Gilmore & Rogers, 1958) لذا با افزایش تعداد بوته در واحد سطح، میزان سطح برگ نیز افزایش یافت که دلیل این امر می‌تواند کاهش تعداد بوته در تیمارهای کشت مخلوط جایگزینی در مقایسه با کشت خالص باشد. کمترین شاخص سطح برگ زیره سبز در تیمار 20٪ زیره سبز + 80% موسیر (0/75) ملاحظه گردید.



شکل1- اثر نسبت‌های کشت مخلوط با زیره سبز بر عملکرد تر و خشک موسیر

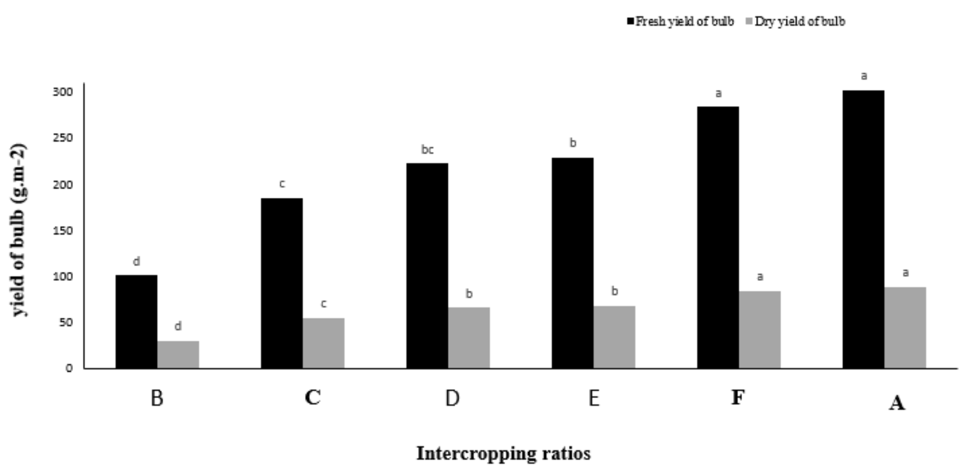
A: کشت خالص، B: 80٪ زیره سبز + 20٪ موسیر، C: 60٪ زیره سبز + 40٪ موسیر، D: 50٪ زیره سبز + 50٪ موسیر، E: 40٪ زیره سبز + 60٪ موسیر و F: 20٪ زیره سبز + 80٪ موسیر

(میانگین‌های دارای حروف مشترک برای هر جزء، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.)

Fig. 1- for the effect of intercropping ratios with cumin on yield of shallot

A: monoculture, B: 80% cumin+20% Persian shallot, C: 60% cumin+40% Persian shallot, D: 50% cumin+50% Persian shallot, E: 40% cumin+60% Persian shallot and F: 20% cumin+80% Persian shallot

Means with same letter(s) for each component have not significantly different based on Duncan test at 5% probability level.



شکل 2- اثر نسبت‌های کشت مخلوط با موسیر بر عملکرد دانه زیره سبز

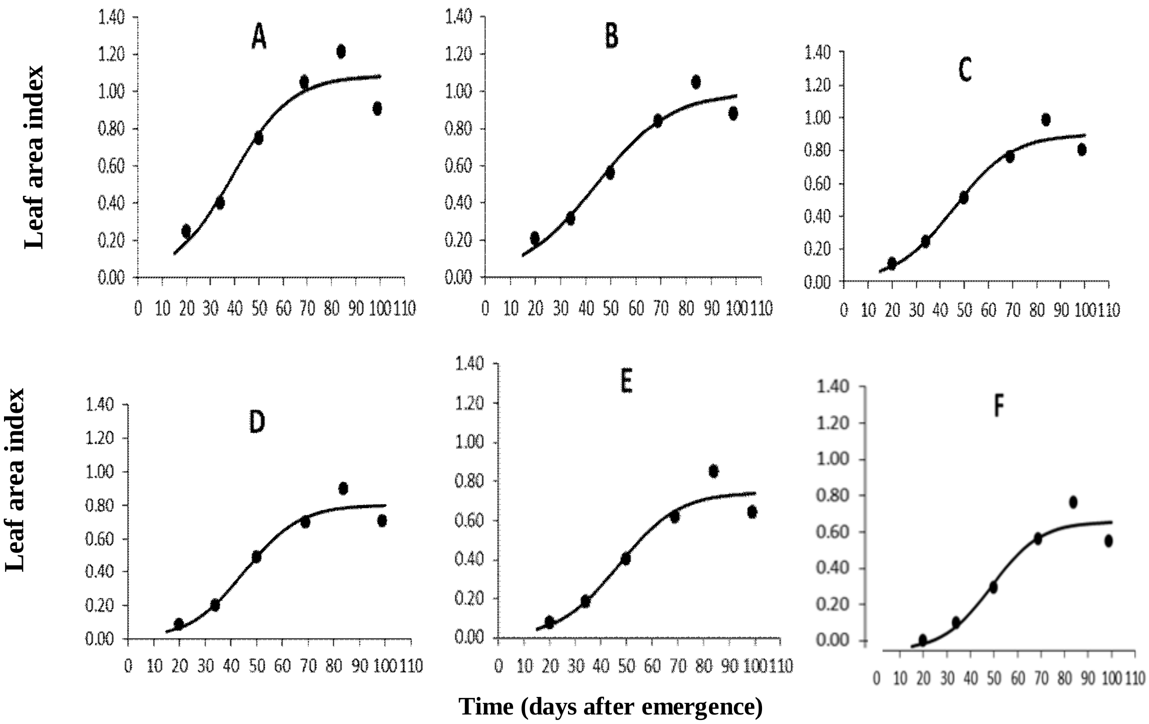
A: کشت خالص زیره سبز، B: 80٪ زیره سبز + 20٪ موسیر، C: 60٪ زیره سبز + 40٪ موسیر، D: 50٪ زیره سبز + 50٪ موسیر، E: 40٪ زیره سبز + 60٪ موسیر و F: 20٪ زیره سبز + 80٪ موسیر

(میانگین‌های دارای حروف مشترک برای هر جزء، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.)

Fig. 2- for the effect of intercropping ratios with shallot on seed yield of cumin

A: monoculture of cumin, B: 80% cumin+20% Persian shallot, C: 60% cumin+40% Persian shallot, D: 50% cumin+50% Persian shallot, E: 40% cumin+60% Persian shallot and F: 20% cumin+80% Persian shallot

Means with same letter(s) for each component have not significantly different based on Duncan test at 5% probability level.



شکل 3- اثر نسبت‌های کشت مخلوط با موسیر بر شاخص سطح برگ زیره سبز

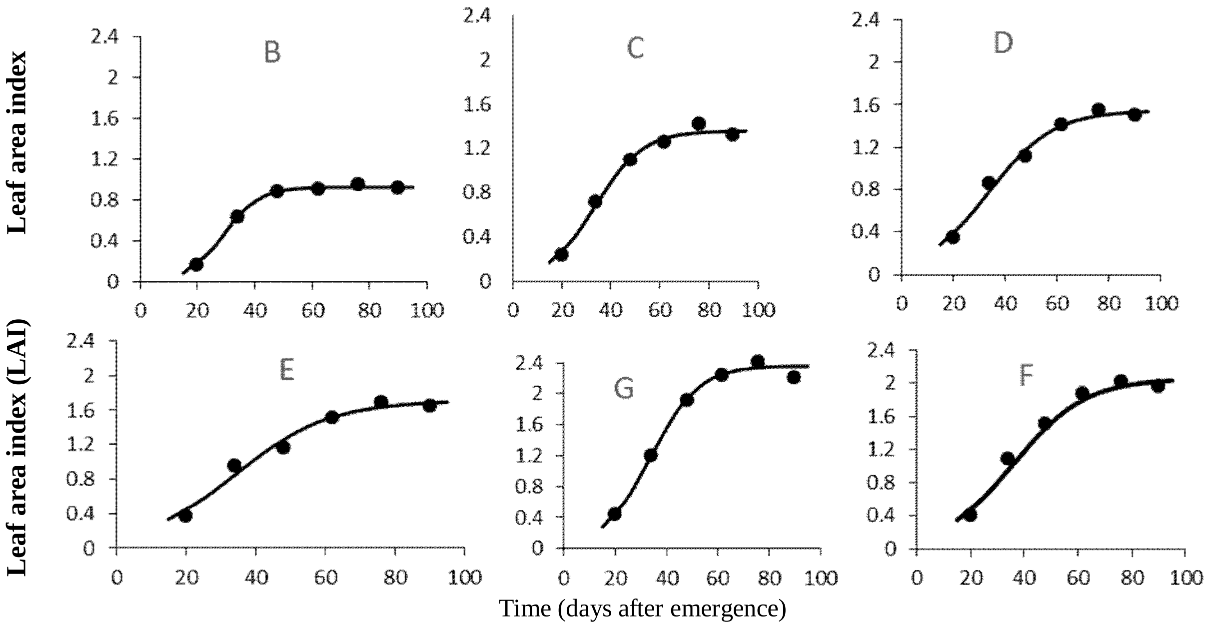
A: کشت خالص زیره سبز، B: 80٪ زیره سبز + 20٪ موسیر، C: 60٪ زیره سبز + 40٪ موسیر، D: 50٪ زیره سبز + 50٪ موسیر، E: 40٪ زیره سبز + 60٪ موسیر و F: 20% زیره سبز + 80٪ موسیر

Fig. 3- Effect of intercropping ratios with Persian shallot on leaf area index of cumin

A: monoculture of cumin, B: 80% cumin+20% Persian shallot, C: 60% cumin+40% Persian shallot, D: 50% cumin+50% Persian shallot, E: 40% cumin+60% Persian shallot and F: 20% cumin+80% Persian shallot

در بین تیمارهای کشت مخلوط نیز تیمار 80٪ زیره سبز + 20% موسیر (1/05) بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد. به دلیل استقرار نیافتن کامل بوته‌ها تا حدود 15 روز پس از سبز شدن تمام تیمارها از سطح برگ نسبتاً پایینی برخوردار بودند و بعدازآن در تیمارهای مختلف شاخص سطح برگ تا 90 روز پس از سبز شدن روند افزایشی نشان داد و سپس کاهش یافت (شکل 3). جهانی و همکاران (Jahani et al., 2008) در تحقیق روی کشت مخلوط روی زیره سبز و عدس نشان دادند که حداکثر شاخص سطح برگ زیره سبز در تیمار خالص به‌دست آمد.

شاخص سطح برگ موسیر تحت تأثیر نسبت‌های کشت مخلوط افزایشی نیز روندی مشابه با زیره سبز داشت. به‌نحوی‌که به دلیل استقرار نیافتن کامل بوته‌ها تا حدود 20 روز پس از سبز شدن تمام تیمارها از سطح برگ نسبتاً پایینی برخوردار بودند و بعدازآن در تمام تیمارهای کشت مخلوط شاخص سطح برگ تا 76 روز پس از سبز شدن روند افزایشی نشان داد و پس‌ازآن به دلیل زرد شدن برگ‌ها و تا حدودی ریزش آنها شاخص سطح برگ کاهش یافت. زمان به حداکثر رسیدن شاخص سطح برگ برای تمام تیمارها در طول فصل رشد نسبتاً یکسان بود. شاخص سطح برگ در کلیه تیمارها از 76 روز پس از سبز شدن به‌صورت کاهشی با روند نسبتاً کند تا پایان فصل رشد ادامه یافت. در بین تیمارهای مختلف بیش‌ترین شاخص سطح برگ موسیر از کشت خالص (2/41) و حداقل آن از تیمار 80٪ زیره سبز+ 20٪ موسیر (0/95) چنین به نظر می‌رسد که در شرایط کشت خالص در مقایسه با مخلوط، رشد و فتوسنتز و به‌تبع آن شاخص سطح برگ افزایش می‌ابد (Koocheki et al., 2011). رضوان بیدوختی و همکاران (2005) نیز گزارش دادند که در ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط ذرت و لوبیا، شاخص سطح برگ دو گیاه در کشت خالص بالاتر از مخلوط بود. همچنین در بین تیمارهای کشت مخلوط نیز بیشترین شاخص سطح برگ از تیمار 20٪ زیره سبز + 80٪ موسیر (2/03) به‌دست آمد (شکل4).



شکل 4- اثر نسبت‌های کشت مخلوط با زیره سبز بر شاخص سطح برگ موسیر

B: 80٪ زیره سبز + 20٪ موسیر، C: 60٪ زیره سبز + 40٪ موسیر، D: 50٪ زیره سبز + 50٪ موسیر، E: 40٪ زیره سبز + 60٪ موسیر، F: 20٪ زیره سبز + 80٪ موسیر و G: کشت خالص موسیر

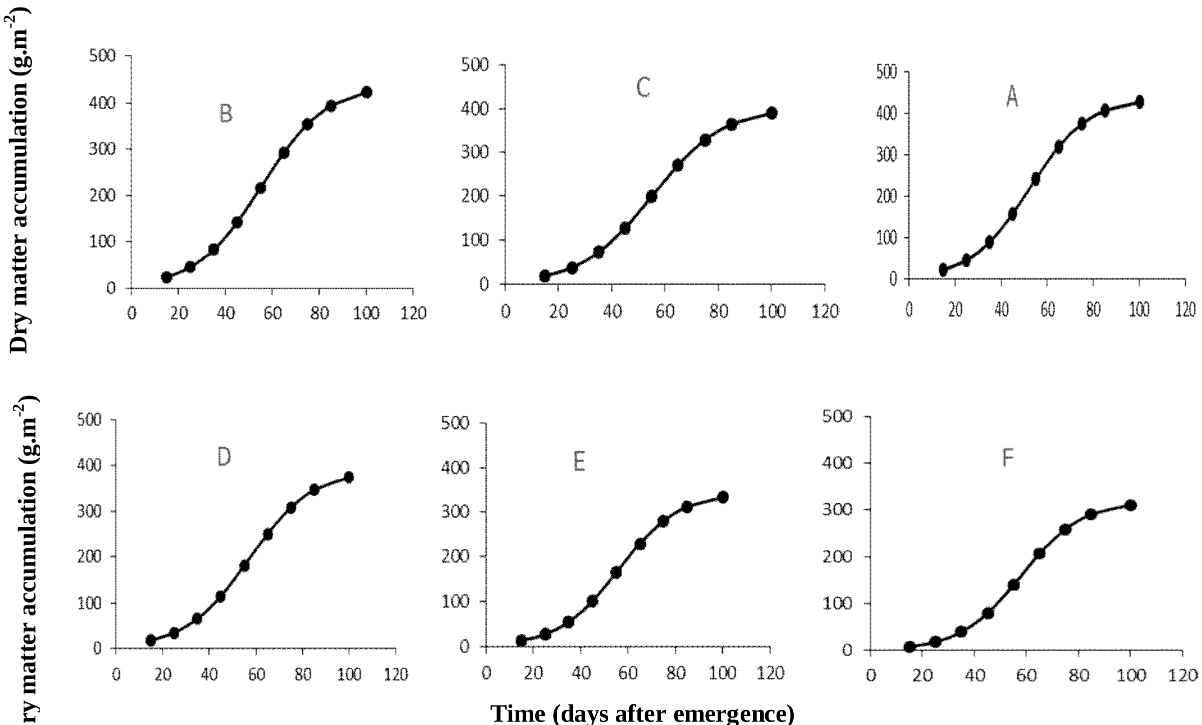
Fig. 4- Effect of intercropping ratios with cumin on leaf area index of Persian shallot

B: 80% cumin+20% Persian shallot, C: 60% cumin+40% Persian shallot, D: 50% cumin+50% Persian shallot, E: 40% cumin+60% Persian shallot and F: 20% cumin+80% Persian shallot and G: monoculture of Persian shallot

میزان تجمع ماده خشک

روند تغییرات میزان تجمع ماده خشک برگ و ساقه زیره سبز و موسیر در تیمارهای مختلف نسبت‌های کشت مخلوط جایگزینی با موسیر از 15 روز پس از سبز شدن به‌طور تدریجی شروع و بعد از گذشت 20-10 روز وارد مرحله رشد خطی شد (شکل‌های 3 و 4). بیشترین وزن خشک برگ و ساقه در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط سری‌های جایگزینی در 99 روز پس از سبز شدن (در مرحله رسیدگی کامل) برای کشت خالص زیره سبز با 426 گرم در مترمربع مشاهده شد. در این زمان، کمترین میزان تجمع ماده خشک زیره سبز مربوط به تیمار 20٪ زیره سبز + 80٪ موسیر با 311 گرم بر مترمربع اختصاص داشت (شکل5). بیشترین وزن خشک برگ و ساقه در تیمارهای مختلف در 95 روز پس از سبز شدن برای کشت خالص موسیر با 289 گرم در مترمربع مشاهده شد (شکل 4). در این زمان، کمترین میزان تجمع ماده خشک موسیر به تیمار 80٪ زیره سبز + 20٪ موسیر با 78 گرم بر مترمربع اختصاص داشت. در بین تیمارهای کشت مخلوط نیز تیمار 20٪ زیره سبز + 80٪ موسیر با 248/6 گرم بر مترمربع بیشترین مقدار تجمع ماده خشک موسیر را به خود اختصاص داد (شکل 6). چنان‌که انتظار می‌رفت، بیشترین تجمع ماده خشک در طی فصل رشد در تیمارهایی مشاهده شد که حائز شاخص سطح برگ بالاتر و در نتیجه پتانسیل بالاتری برای تولید و تجمع ماده خشک بودند (شکل‌های 3 و 4). روند افزایش میزان تجمع ماده خشک در کلیه نسبت‌های کشت مخلوط جایگزینی دو گیاه زیره سبز و موسیر به‌صورت سیگموئیدی بود. در اوایل دوره رشد، مقدار و سرعت تجمع ماده خشک کم بود و با گذشت زمان و همراه با افزایش سطح برگ میزان فتوسنتز جامعه گیاهی افزایش‌یافته و شیب منحنی تجمع ماده خشک شدت بیشتری گرفت و بعدازآن به دلایلی همچون پیری و زردی برگ‌ها، سایه‌اندازی برگ‌های بالایی بر برگ‌های پایینی و ریزش برگ‌های پایینی، انتقال مجدد[1] کربوهیدرات‌های ذخیره‌شده، افزایش بافت‌های ساختمانی غیر فتوسنتزی گیاه و افزایش تنفس گیاه شیب تجمع ماده خشک کم شده و سپس تقریباً ثابت شد.

1- Remobilization



شکل 5- اثر نسبت‌های کشت مخلوط با موسیر بر میزان تجمع ماده خشک زیره سبز

A: کشت خالص زیره سبز، B: 80٪ زیره سبز + 20٪ موسیر، C: 60٪ زیره سبز + 40٪ موسیر، D: 50٪ زیره سبز + 50٪ موسیر، E: 40٪ زیره سبز + 60٪ موسیر و F: 20٪ زیره سبز + 80٪ موسیر

Fig. 5- Effect of intercropping ratios with Persian shallot on dry matter accumulation of cumin

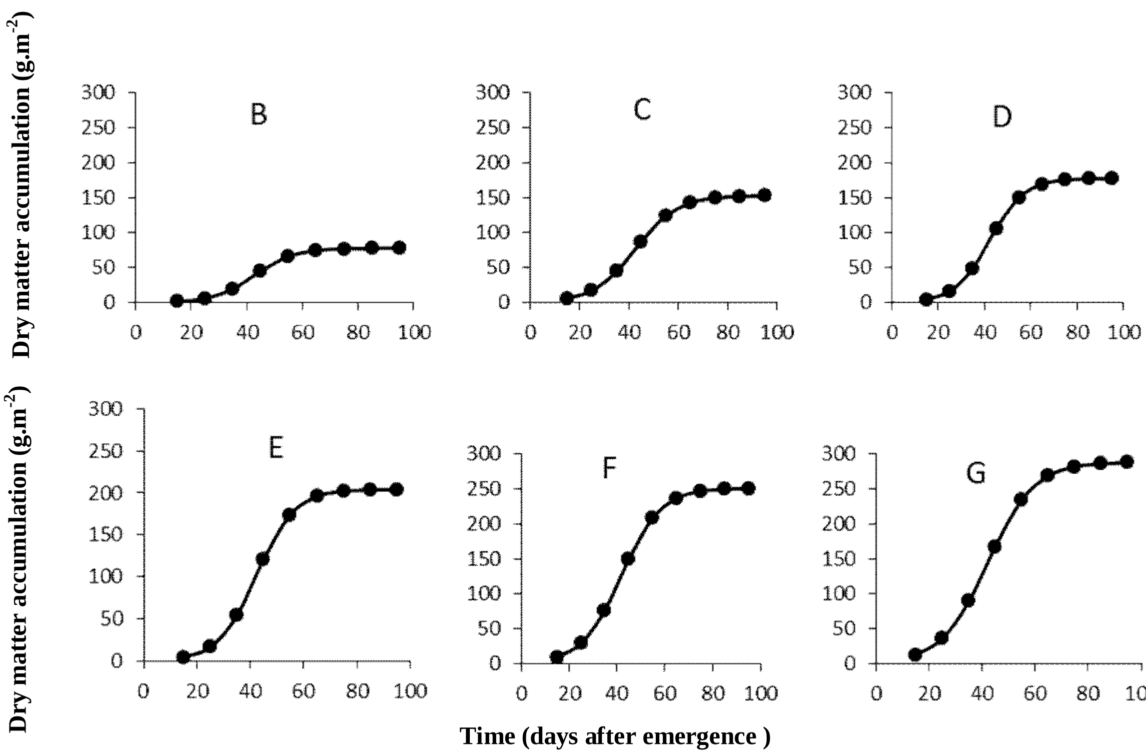
A: monoculture of cumin, B: 80% cumin+20% Persian shallot, C: 60% cumin+40% Persian shallot, D: 50% cumin+50% Persian shallot, E: 40% cumin+60% Persian shallot and F: 20% cumin+80% Persian shallot

همچنین به نظر می‌رسد کاهش چشمگیر سرعت و ثابت شدن روند ماده خشک کمی پس از گلدهی گیاهان و همزمان با پر شدن دانه اتفاق افتاده باشد (Koocheki et al., 2012). جهانی و همکاران (Jahani et al., 2008) طی بررسی روی اثر نسبت‌های کشت مخلوط دو گیاه زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) و عدس (*Lens culinaris* L.) گزارش کردند که کشت خالص عدس بیشترین میزان ماده خشک را دارا بود. کاهش رقابت درون‌گونه‌ای بین بوته‌های زیره سبز و موسیر در نسبت‌های کشت مخلوط جایگزینی منجر به افزایش جذب نور و مواد غذایی و در نتیجه بهبود فتوسنتز شده که به دنبال آن موجب افزایش نسبی تجمع ماده خشک گردید. وجود اختلافات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گونه‌های انتخابی در کشت مخلوط، افزایش بهره‌وری و بهبود کارایی مصرف منابع را فراهم می‌سازد (Tsubo et al., 2001) که این امر با روابط متقابل و اثرات مستقیم و غیرمستقیم گیاهان بر روی یکدیگر حاصل می‌شود. بنابراین، وجود این اختلاف در خصوصیات گونه‌های همراه در کشت مخلوط از نظر آشیان‌های اکولوژیکی بین زیره سبز و موسیر نیز می‌تواند موجب ایجاد روابط متقابل و سازنده با این گیاهان گردد. نتایج مطالعه کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2012) روی ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط افزایشی دو گیاه شاهدانه و کنجد نشان داد که در 94 روزپس‌از سبز شدن بیشترین میزان تجمع ماده خشک کنجد در کشت خالص (551/27 گرم بر مترمربع) به‌دست آمد و کمترین میزان در سری افزایشی 50٪ کنجد +100٪ شاهدانه (51/73 گرم بر مترمربع) حاصل گردید.

سرعت رشد محصول

روند تغییرات سرعت رشدی زیره سبز در تیمارهای مختلف

تقریباً مشابه بود و در ابتدای دوره رشدی، رشد اندکی داشت و تا 55 روز پس از سبز شدن با روندی صعودی به حداکثر مقدار خود رسید (شکل 7) که این مرحله منطبق با حداکثر توانایی تولید ماده خشک و حداکثر میزان تبدیل انرژی خورشیدی در گیاه است (Tesar et al., 1984) و سپس روندی نزولی پیدا کرد. در بین تیمارهای مختلف کشت مخلوط، بالاترین سرعت رشد محصول زیره سبز از کشت خالص (8/45 گرم در مترمربع در روز) و کمترین مقدار آن از تیمار 20٪ زیره سبز + 80٪ موسیر (6/7 گرم در مترمربع در روز) به‌دست آمد. همچنین تیمار80٪ زیره سبز + 20٪ موسیر (7/91 گرم در مترمربع در روز) بیشترین مقدار سرعت رشد موسیر را داشت (شکل 7). بالاتر بودن شاخص سطح برگ زیره سبز در کشت خالص (شکل3) با افزایش جذب نور موجب بهبود فتوسنتز و افزایش سرعت رشد این گونه شد.



شکل 6- اثر نسبت‌های کشت مخلوط با زیره سبز بر میزان تجمع ماده خشک موسیر

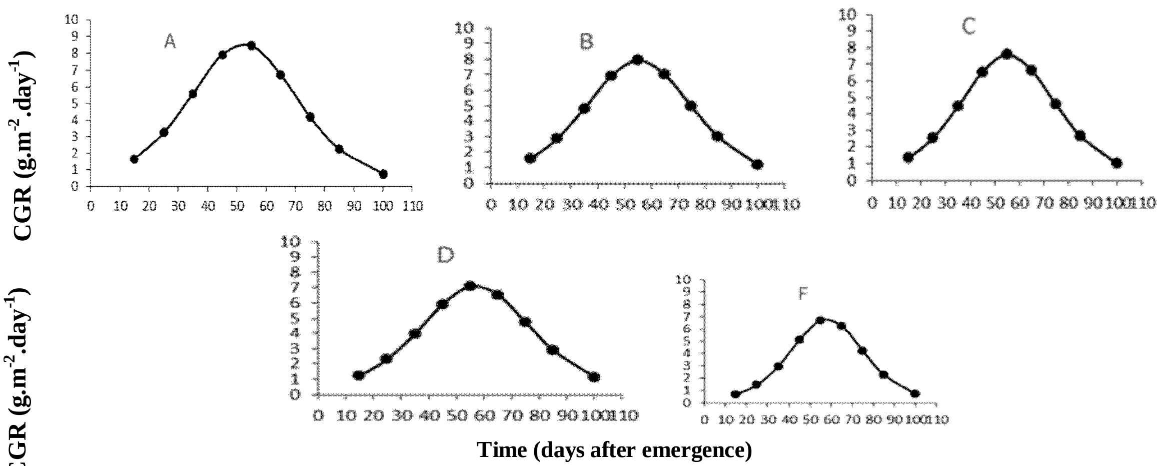
B: 80٪ زیره سبز + 20٪ موسیر، C: 60٪ زیره سبز + 40٪ موسیر، D: 50٪ زیره سبز + 50٪ موسیر، E: 40٪ زیره سبز + 60٪ موسیر، F: 20٪ زیره سبز + 80٪ موسیر و G: کشت خالص موسیر

Fig. 6- Effect of intercropping ratios with cumin on dry matter accumulation of Persian shallot

B: 80% cumin+20% Persian shallot, C: 60% cumin+40% Persian shallot, D: 50% cumin+50% Persian shallot, E: 40% cumin+60% Persian shallot and F: 20% cumin+80% Persian shallot and G: monoculture of Persian shallot

موسیر نیز در مراحل اولیه رشد احتمالاً به دلیل کامل نبودن پوشش گیاهی بر سطح خاک و درصد کم جذب تشعشع خورشیدی، میزان CGR پوشش گیاهی نسبتاً پایین بوده و با گذشت زمان به علت توسعه اندام‌های رویشی و به‌ویژه برگ‌ها، افزایش سرعت رشد محصول مشاهده شد (شکل 8). تحت این شرایط تولید مواد فتوسنتزی در پوشش گیاهی به دلیل افزایش سطح اندام‌های رویشی و همچنین افزایش تولید ماده خشک در نتیجه افزایش درصد نور جذب‌شده به میزان زیادی افزایش‌یافته و به دنبال آن CGR هم بهبود یافت. روند صعودی و نزولی سرعت رشد محصول در نسبت-های مختلف کشت مخلوط جایگزینی دو گیاه زیره سبز با موسیر تقریباً یکسان بود (شکل7 و 8) در تیمارهای مختلف حداکثر مقدار CGR موسیر در 50 روز پس از سبز شدن برای کشت خالص با 7/98 گرم در مترمربع در روز مشاهده شد و بعدازآن، بیشترین مقدار CGR موسیر مربوط به تیمار 20٪ زیره سبز + 80٪ موسیر با 7/28 گرم در

مترمربع در روز بود. کمترین میزان CGR موسیر هـم از تیمـار 80% زیره سبز + 20٪ موسیر در 45 روز پس از سبز شـدن بـه‌دسـت آمـد (شکل 8).

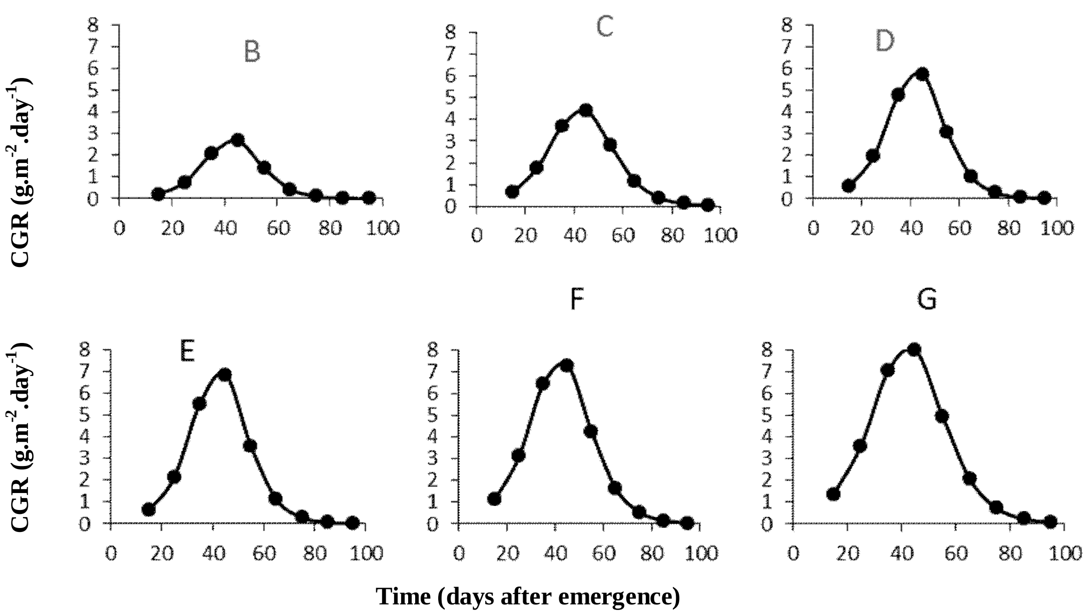


شکل 7- اثر نسبت‌های کشت مخلوط با موسیر بر سرعت رشد محصول زیره سبز

A: کشت خالص زیره سبز، B: 80٪ زیره سبز + 20٪ موسیر، C: 60٪ زیره سبز + 40٪ موسیر، D: 50٪ زیره سبز + 50٪ موسیر، E: 40٪ زیره سبز + 60٪ موسیر و F: 20٪ زیره سبز + 80٪ موسیر

Fig. 7- Effect of intercropping ratios with Persian shallot on crop growth rate of cumin

A: monoculture of cumin, B: 80% cumin+20% Persian shallot, C: 60% cumin+40% Persian shallot, D: 50% cumin+50% Persian shallot, E: 40% cumin+60% Persian shallot and F: 20% cumin+80% Persian shallot



شکل 8- اثر نسبت‌های کشت مخلوط با زیره سبز بر سرعت رشد محصول موسیر

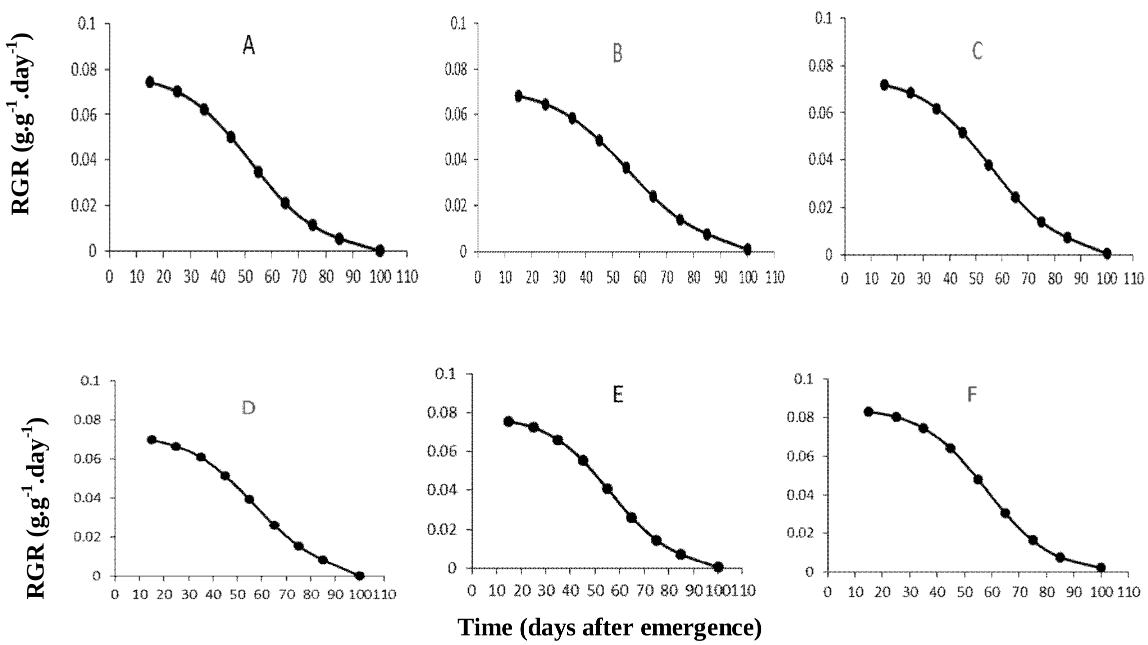
B: 80٪ زیره سبز + 20٪ موسیر، C: 60٪ زیره سبز+ 40٪ موسیر، D: 50٪ زیره سبز + 50٪ موسیر، E: 40٪ زیره سبز + 60٪ موسیر، F: 20٪ زیره سبز + 80٪ موسیر و G: کشت خالص موسیر

Fig. 8- Effect of intercropping ratios with cumin on crop growth rate of Persian shallot

B: 80% cumin+20% Persian shallot, C: 60% cumin+40% Persian shallot, D: 50% cumin+50% Persian shallot, E: 40% cumin+60% Persian shallot and F: 20% cumin+80% Persian shallot and G: monoculture of Persian shallot

به نظر می‌رسد بالاتر بودن میزان تنفس نسبت به فتوسنتز جاری در مراحل انتهایی رشد (Iersel & Seymour, 2000; Van Iersel, Van 2000) موجب کاهش شدیدتر سرعت رشد محصول گردید. به‌طورکلی، با افزایش تنوع گیاهان در بوم‌نظام‌های کشاورزی، آشیان‌های اکولوژیک کمتری در اختیار علف‌های هرز قرار می‌گیرد که این امر با کاهش تعداد و تراکم گونه‌های مختلف علف هرز (Koocheki et al., 2012) می‌تواند موجب بهبود رشد گیاهان در کشت مخلوط گردد.

سرعت رشد نسبی: روند تغییرات RGR زیره سبز در نسبت‌های کشت مخلوط جایگزینی با موسیر از ابتدا تا پایان فصل رشد برای تمامی تیمارها روندی نزولی داشت (شکل‌های 9 و 10)؛ به‌طوری‌که در ابتدای فصل رشد، میزان RGR به علت نفوذ نور به داخل جامعه گیاهی، سایه‌اندازی کمتر برگ‌ها و در نتیجه تنفس کمتر بالاتر می‌باشد، اما با افزایش سن گیاه میزان رشد نسبی کاهش می‌یابد، زیرا بخش‌هایی که به گیاه افزوده می‌شوند، بافت‌های ساختمانی هستند که از لحاظ متابولیکی فعال نبوده و در فتوسنتز نقشی ندارند (Karimi & Sadeghi, 1991). اختلاف بین تیمارها از نظر مقدار RGR در ابتدای فصل رشد نسبت به انتهای فصل رشد بیشتر بود. در تیمارهای مختلف در ابتدای فصل رشد، تیمار 20٪ زیره سبز + 80% موسیر با 0/08 گرم بر گرم در روز بیشترین و تیمار 80٪ زیره سبز + 20٪ موسیر با 0/069 گرم بر گرم در روز کمترین RGR زیره سبز را به خود اختصاص دادند. با گذشت زمان و رسیدن به انتهای فصل رشد RGR تیمارهای مختلف به صفر نزدیک شد (شکل 7). نتایج این تحقیق تأییدکننده نظرات کوردالی و همکاران (Kurdali et al., 1996) مبنی بر روند نزولی و یکنواخت RGR تحت تأثیر گذشت زمان است.

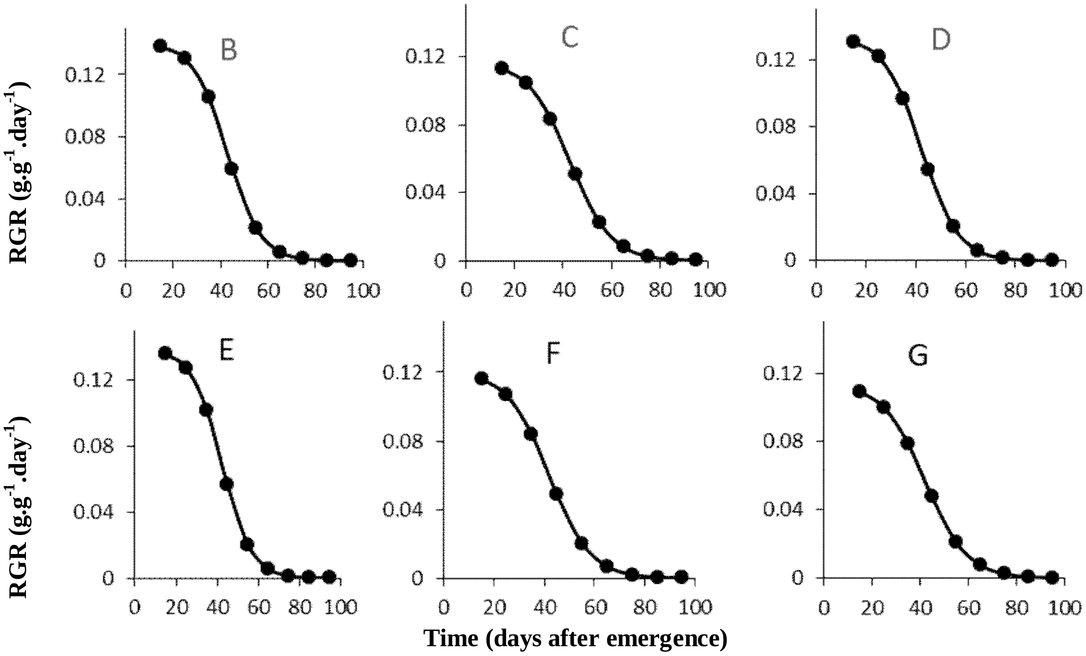


شکل 9- اثر نسبت‌های کشت مخلوط با موسیر بر سرعت رشد نسبی زیره سبز

A: کشت خالص زیره سبز، B: 80٪ زیره سبز + 20٪ موسیر، C: 60٪ زیره سبز+ 40٪ موسیر، D: 50٪ زیره سبز+ 50٪ موسیر، E: 40٪ زیره سبز + 60٪ موسیر و F: 20% زیره سبز+ 80٪ موسیر

Fig. 9- Effect of intercropping ratios with Persian shallot on relative growth rate of cumin

A: monoculture of cumin, B: 80% cumin+20% Persian shallot, C: 60% cumin+40% Persian shallot, D: 50% cumin+50% Persian shallot, E: 40% cumin+60% Persian shallot and F: 20% cumin+80% Persian shallot



شکل 10- اثر نسبت‌های کشت مخلوط با زیره سبز بر سرعت رشد نسبی موسیر

B: 80٪ زیره سبز + 20٪ موسیر، C: 60٪ زیره سبز + 40٪ موسیر، D: 50٪ زیره سبز + 50٪ موسیر، E: 40٪ زیره سبز + 60٪ موسیر، F: 20٪ زیره سبز + 80٪ موسیر و G: کشت خالص موسیر

Fig. 10- Effect of intercropping ratios with cumin on relative growth rate of Persian shallot

B: 80% cumin+20% Persian shallot, C: 60% cumin+40% Persian shallot, D: 50% cumin+50% Persian shallot, E: 40% cumin+60% Persian shallot and F: 20% cumin+80% Persian shallot and G: monoculture of Persian shallot

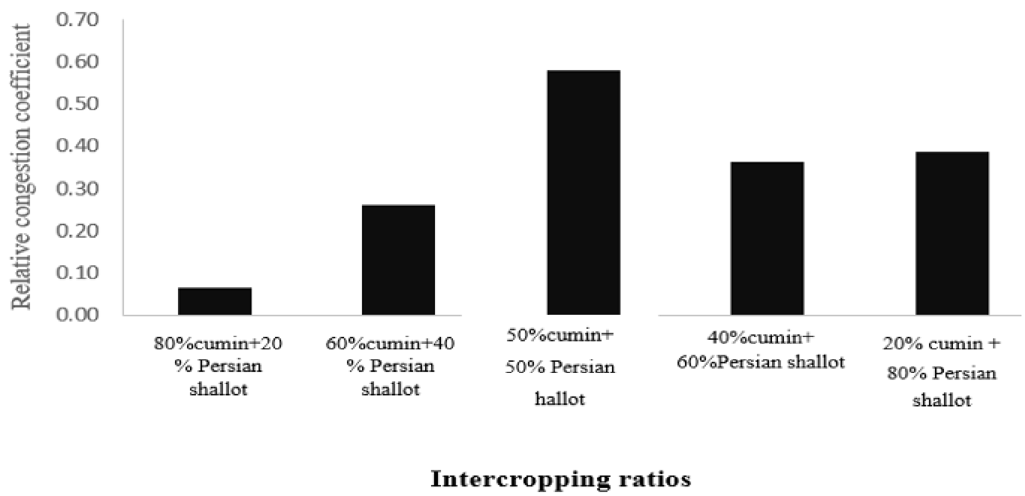
روند تغییرات RGR در موسیر نیز از ابتدا تا پایان فصل رشد برای تمامی تیمارها روندی نزولی داشت. اختلاف بین تیمارها از نظر مقدار RGR در ابتدای فصل رشد نسبت به انتهای آن به‌مراتب بالاتر بود؛ به‌طوری‌که در مقایسه تیمارهای مختلف سری‌های جایگزینی کشت مخلوط، در ابتدای فصل رشد تیمارهای 80٪ زیره سبز + 20٪ موسیر، 40٪ زیره سبز + 60٪ موسیر و 50٪ زیره سبز+ 50٪ موسیر با 0/13 گرم بر گرم در روز بیشترین RGR موسیر و کشت خالص با 0/10 گرم بر گرم در روز کمترین RGR را به خود اختصاص دادند. با گذشت زمان و رسیدن به انتهای فصل رشد به دلیل زرد و پیر شدن اندام‌ها و همچنین افزایش بافت‌های ساختمانی، RGR در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط برای هر دو گونه به صفر نزدیک شد (شکل 10).

سرعت رشد نسبی بیانگر تغییرات وزن خشک گیاه نسبت به وزن خشک اولیه در واحد زمان است (Koocheki & Sarmadnia, 2012). کاهش سرعت رشد نسبی گیاه در طول فصل رشد به دلیل افزایش بافت‌های ساختمانی مختلف نسبت به بافت‌های متابولیکی است؛ به‌عبارت‌دیگر، در ابتدای فصل رشد تمام وزن گیاه و سلول‌ها در تولید نقش دارند، ولی با گذشت زمان و با پیر شدن برگ‌ها و سایه‌اندازی در طول این دوره، بافت‌های مرده و سلول‌هایی که در تولید نقش ندارند، افزایش می‌یابند که درنهایت، پیر شدن بافت‌ها سبب کاهش مقدار سرعت رشد نسبی گیاه می‌شود (Akbari et al., 2012). روند نزولی میزان رشد نسبی مربوط به پیری اندام‌ها، افزایش کربوهیدرات‌ها ساختمانی و کاهش فعالیت‌های متابولیکی در محصول بوده و رشد نسبی با سن گیاه رابطه خطی معکوس دارد (Fisher & Wilson, 1975). بر این اساس، کاهش سرعت رشد نسبی در طول دوره رشد با افزایش سن برگ‌های پایین‌تر گیاه، در سایه قرار گرفتن گیاه و نیز افزایش رشد بافت‌های ساختمانی غیر مؤثر در فتوسنتز، در ارتباط است. از طرف دیگر، با زیادشدن سن گیاه، قسمت مهمی از ساختمان گیاه غیرفعال می‌شود و قسمت‌های زیادی از گیاه شامل ساقه و سایر بافت‌ها فعالیت متابولیکی خود را ازدست‌داده و سهم زیادی در رشد ایفاء نمی‌کنند (Koocheki et al., 2012) که این امر موجب کاهش RGR می‌گردد.

ضریب ازدحام نسبی

ضریب ازدحام نسبی میزان رقابت بین دو گونه که به روش جایگزینی با یکدیگر مخلوط شده اند را مشخص می‌کند که این شاخص نشان‌دهنده غالبیت یک گونه نسبت به سایر گونه‌های شرکت‌کننده در کشت مخلوط است (Lithourgidis et al., 2011).

ازآنجا که ضرایب ازدحام نسبی در تمامی نسبت‌های کشت مخلوط کمتر از یک به‌دست آمد (شکل 11)، لذا هر دو گونه زیره سبز و موسیر در تمام نسبت‌های کشت مخلوط دارای کمترین کارایی در استفاده از منابع می‌باشند.



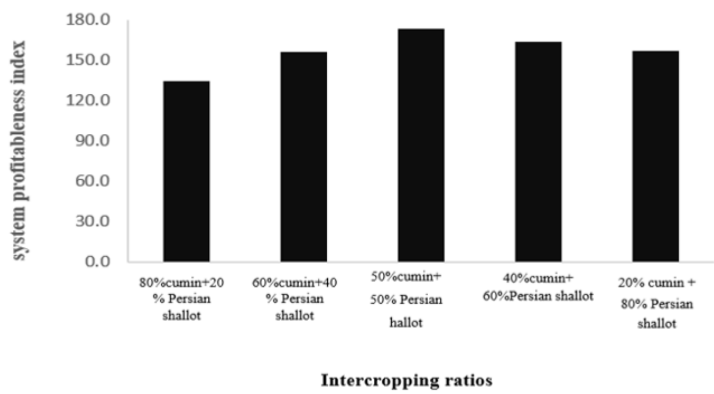
شکل 11- اثر الگوهای کشت مخلوط زیره سبز و موسیر برشاخص ضریب ازدحام نسبی

A: 80٪ زیره سبز + 20٪ موسیر، B: 60٪ زیره سبز + 40٪ موسیر، C: 50٪ زیره سبز + 50٪ موسیر، D: 40٪ زیره سبز + 60٪ موسیر و E: 20٪ زیره سبز + 80٪ موسیر

Fig. 11- Effect of intercropping ratios with cumin on relative coefficient congestion

A: 80% cumin+20% Persian shallot, B: 60% cumin+40% Persian shallot, C: 50% cumin+50% Persian shallot, D: 40% cumin+60% Persian shallot and E: 20% cumin+80% Persian shallot

حداکثر شاخص سودمندی سیستم مربوط به الگوی کشت 50% زیره سبز + 50٪ موسیر (173/4) به‌دست‌آمد که بیانگر سودمندی بیشتر این الگوی کاشت در مقایسه با دیگر الگوهای کشت معرفی شده بود. همچنین کمترین شاخص سودمندی سیستم در تیمار 80% زیره سبز +20٪موسیر (134/8) به‌دست‌آمد (شکل 12). در مطالعه کشت مخلوط سویا (*Glycine max* L.) با ریحان (*Ocimum basilicum* L.) و گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) حداکثر شاخص سودمندی سیستم در تیمار 75 درصدی سویا با ریحان مشاهده شد (Bagheri et al., 2012). همچنین آینه‌بند و بهروز (Aynehband & Behrooz, 2011) نیز با مطالعه کشت مخلوط ذرت با دو گیاه ماش (*Vigna radiata* L.) و تاج خروس (*Amaranthus blitum* L.) بیان کردند که حداکثر شاخص سودمندی سیستم در تیمار 75:25 (ذرت: ماش) گزارش‌شده است. در بررسی عملکرد و شاخص‌های سودمندی کشت مخلوط گیاهان علوفه ای یک‌ساله با جو اعلام شد که بیشترین مقدار شاخص سودمندی بوم‌نظام با 2/92 متعلق به تیمار کشت مخلوط جایگزینی 75 درصد نخود علوفه‌ای و 25 درصد جو بود (Lamei Harvani, 2012). در گزارش دیگری نیز بیشترین عدد شاخص سودمندی بوم‌نظام در تیمار دو ردیف سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) با یک ردیف لوبیا چشم-بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) مشاهده‌شده است (Oseni, 2010). بنابراین به‌نظر می‌رسد با توجه به گزارشات فوق و با توجه به‌این‌که الگوی کشت 50٪ زیره سبز + 50٪ موسیر از شاخص سودمندی بوم‌نظام بالاتری در مقایسه با سایر الگوهای کشت مخلوط ردیفی برخوردار است، لذا این الگو برای کسب حداکثر عملکرد و درآمد مناسب‌تر از کشت خالص باشد.



شکل 12- اثر الگوهای کشت مخلوط زیره سبز و موسیر برشاخص سودمندی سیستم

A: 80٪ زیره سبز + 20٪ موسیر، B: 60٪ زیره سبز + 40٪ موسیر، C: 50٪ زیره سبز + 50٪ موسیر، D: 40٪ زیره سبز + 60٪ موسیر و E: 20٪ زیره سبز + 80٪ موسیر

Fig. 12- Effect of intercropping ratios with cumin on system profitableness index

A: 80% cumin+20% Persian shallot, B: 60% cumin+40% Persian shallot, C: 50% cumin+50% Persian shallot, D: 40% cumin+60% Persian shallot and E: 20% cumin+80% Persian shallot

نتیجه‌گیری

اثر نسبت‌های کشت مخلوط دو گیاه دارویی زیره سبز و موسیر بر روند تغییرات شاخص‌های رشدی هر دو گیاه نشان داد که تجمع ماده خشک، شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول در کشت خالص بیشتر بوده و سرعت رشد نسبی کمتری نسبت به نسبت‌های مختلف کشت مخلوط داشت. نتایج نشان داد که بیشترین وزن خشک برگ و ساقه در بین تیمارهای مختلف در 95 روز پس از سبز شدن به کشت خالص موسیر و کمترین میزان تجمع ماده خشک به تیمار 80٪ زیره سبز + 20٪ موسیر با 78 گرم بر مترمربع اختصاص یافت. همچنین بیشترین شاخص سطح برگ در تیمار کشت خالص زیره سبز به‌دست آمد. در بین تیمارهای مختلف بالاترین سرعت رشد محصول از خالص زیره سبز (8/45 گرم در مترمربع در روز) و کمترین مقدار آن از تیمار 20٪ زیره سبز + 80٪ موسیر (6/7 گرم در مترمربع در روز) به‌دست آمد. اختلاف بین تیمارها از نظر مقدار سرعت رشد نسبی در ابتدای فصل رشد نسبت به انتهای آن بیشتر بود. به‌طوری‌که تیمار کشت خالص با 0/10 گرم بر گرم در روز کمترین سرعت رشد نسبی را داشت. با گذشت زمان و رسیدن به انتهای فصل رشد به دلیل زرد و پیر شدن اندام‌ها و همچنین افزایش نسبت بافت‌های ساختمانی سرعت رشد نسبی نسبت‌های مختلف به صفر نزدیک شد. در مجموع، از آنجا که بوم نظام‌های کشت مخلوط یکی از روش‌های مدیریت پایدار تولید گیاهان دارویی است که در راستای دستیابی به اصول کشاورزی پایدار و عملکرد مطلوب با حداقل مصرف یا بدون مصرف نهاده‌های خارجی اجرا می‌گردد، توصیه می‌شود که توسعه کشت گیاهان دارویی به‌صورت کشت مخلوط به منظور بهبود ویژگی‌های اکولوژیکی در بوم‌نظام‌های زراعی مورد نظر قرار گیرد.

منابع

Akbari, G., Ghorchiani, M., Alikhani, H., Allahdadi, I., and Zarei, M. 2012. Effect of biological and chemical phosphate fertilizers on growth indices and grain yield of maize under deficit irrigation conditions in Karaj region. Water and Soil Science 22(4): 51-67. (In Persian with English Summary)

Alizadeh, Y., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2016. Evaluation of radiation use efficiency of intercropping of

bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and herb sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). Agroecology 2 (1): 85-94. (In Persian with English Summary)

Aynehband, A., and Behrooz, M. 2011. Evaluation of Cereal-legume and Cereal-Pseudocereal intercropping systems through forage productivity and competition ability. American-Eurasian Journal Agriculture and Environmental Science 10 (4): 675-683.

Bagher Shirvan, M., Zaefarian, F., Akbarpour, V., and Asadi, G.A. 2012. Evaluation of yield advantage and economic productivity of soybean (*Glycine max* L.) intercropping with sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) and borage (*Borago officinalis* L.). Journal of Agroecology 2 (2): 42-57. (In Persian with English Summary)

Banik, P., Midya, A., Sarkar, B.K., and Ghose, S.S. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in additive series experiment: Advantages and smothering. European Journal of Agronomy 24: 324-332.

Bannayan, M. 2001. Construction and Application of Simulation Models in Agriculture. Mashhad Ferdowsi University Press, Mashhad, Iran 204 pp. (In Persian)

Dai, C.C., Chen, Y., Wang, X.X., and Li, P.D. 2013. Effects of intercropping of peanut with the medicinal plant Atractylodes lancea on soil microecology and peanut yield in subtropical China. Agroforestry Systems 87 (2): 417-426.

Eskandari, H., and Alizadeh-Amraie, A. 2016. Evaluation of growth and species composition of weeds in maize-cowpea intercropping based on additive series under organic farming condition. Journal of Agroecology 8 (2): 227-240. (In Persian with English Summary)

Fisher, K.S., and Wilson, G.L., 1975. Effect of fertilizer on growth and yield in *Sorgohum bicolor*. Journal of Agricultural Research 26: 31-41.

Ggosh, P.K., Mohanty, M., Bandyopadhyay, K.K., Painuli, D.K., and Misra, A.K. 2006. Growth, competition, yields advantage and economics in soybean- pigeonpea intercropping system in semi- arid tropics of India II. Effect of nutrient management. Field Crops Research 96: 90-97.

Gilmore, E.C., and Rogers, J.S. 1958. Heat units as a method of measuring maturity in corn 1. Agronomy Journal, 50 (10), 611-615.

Gopta, S.N., Dahiya, B.S., Malic, B.P.S., and Bishnoi, N.R. 1995. Response of chick pea to water deficit and drought stress. Haryan Agriculture. Journal Research 25 (2): 11-19.

Hosseinpanahi, F., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Ghorbani, R. 2010. Evaluation of radiation absorption and use efficiency in potato/corn intercropping. Journal of Agroecology 1 (2): 50-60. (In Persian with English Summary)

Jahani, M., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2008. Comparison of different intercropping arrangements of cumin (*Cuminum cyminum*) and lentil (*Lens culinaris*). Iranian Journal of Field Crop Research 6 (1): 67-78. (In Persian with English Summary)

Kafi, M. 1989. Effect of weed control frequency and density on yield and yield components of cumin. Master's thesis. Mashhad Ferdowsi University. (In Persian with English Summary)

Kafi, M., R Beydokhti, N., and Sanjani, S. 2011. The effect of planting date and plant density on yield and morphological traits of chives (*Allium altissimum* Regel.) under Mashhad climatic conditions. Agricultural Science and Technology 5(3): 310–319. (In Persian with English Summary)

Khorramdel, S., Rezvani Moghaddam, P., Asadi, G.A., and Mirshekari, A. 2016. Effect of additive intercropping series of cumin (*Cuminum cyminum* L.) with saffron (*Crocus sativus* L.) on their yield and yield components. Journal of Saffron Research 4 (1): 53-71. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Khorramdel, S., Anvarkhah, S., Sabet Teimouri, M., and Sanjani, S. 2011. Evaluation of growth indices of hemp (*Cannabis sativa* L.) and sesame (*Sesamum indicum* L.) in intercropping with replacement and additive series. Agroecology 2 (1): 27-36. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., and Sarmadniya, G.H. 2012. Crop Physiology. Publications University of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian)

Koocheki, A., Rashed Mohassel, M.H Nassiri Mahalati, M., and Sadrabadi, R. 1990. Principles of physiological growth and development of crops. Publication of Astan-e Quds Razavi, Mashhad, Iran 404 pp. (In Persian)

Koocheki, A., Shabahang, J., Khorramdel, S., and Amin Ghafoori, A. 2012. Ecological Study of different patterns of row intercropping borage (*Borago officinalis* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Agroecology 4 (1): 1-11. (In Persian with English Summary)

Kurdali, F., Sharabi, N.E., and Arsalan, A. 1996. Rainfed vetch- barley mixed cropping in the Syrian semi- arid condition. I. Nitrogen nutrient using N isotopic dilution. Plant and Soil 183: 137-148. (In Persian with English Summary)

Lamei Harvani J. 2012. Technical and economical evaluation of mixed cropping grass pea with barley and triticale under dryland conditions in Zanjan Province. JCPP 2(4):93-103. (In Persian with English Summary)

Lithourgidis, A.S., Vlachostergios, D.N., Dordas, C.A., and Damalas, C.A. 2011. Dry matter yield, nitrogen content, and competition in pea-cereal intercropping systems. European Journal of Agronomy 34: 287-294

Mansouri, H., Bannayan Aval, M., Rezvani Moghaddam, P., and Lakzian, A. 2014. Management of nitrogen, irrigation and planting density in Persian shallot (*Allium hirtifolium*) by using central composite optimizing method. Sustainable Agriculture and Production Science 41-60. (In Persian with English Summary)

Najibnia, S. 2010. Evaluation of absorption efficiency, productivity consumption and radiation, water and nutrients in the ship's systems rape, beans and corn. PhD Thesis, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., and Jahan, M. 2010. Light absorption and use efficiency in winter wheat and maize cropping and relay intercropping. Iranian Journal of Field Crops Research 8 (6): 878-890. (In Persian with English Summary)

Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Rezvan Moghaddam, P., and Beheshti, S.A.R. 2006. Agroecology. University of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian)

Odo, P.E. 1991. Evaluation of short and tall sorghum varieties in mixtures with cowpea in the Sudan savanna of Nigeria: Land equivalent ratio, grain yield and system productivity index. Experimental Agriculture 27: 435-441.

Oseni, T.O. 2010. Evaluations of sorghum-cowpea intercrop productivity in savanna agro-ecology using competition indices. Journal of Agricultural Science 2 (3): 229-234.

Rahimian, H., Salahi Moghaddam, M., and Galavi, M. 1991. Potato intercropping with maize and sunflower. Journal of Agricultural Science and Technology 6 (1): 45-48. (In Persian with English Summary)

Rezvan Beydokhti, S. 2005. Comparison of different intercropping arrangement of corn and bean. MSc. Thesis, College of Agriculture, Ferdowsi University, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Sabzevari, S., Kafi, M., Banayan, M., and Khuzaie, H.R. 2013. Study thermal requirements, growth and yield of Iranian shallot *Allium altissimum* Regel. and Boiss *A. hertifulium* different treatments of density, the weight of onions inflorescence. Journal of Agroecology 4 (6): 836-847. (In Persian with English Summary)

Tesar, M.B. 1984. Physiologycal Basis of Crop Growth and Development. Published American Society of Agronomy, USA. 404 pp.

Tsubo, M., Walker, S., and Mukhala, E. 2001. Comparison of radiation use efficiency of mono/intercropping systems with different row orientations. Field Crops Research 71: 17-29.

Van Iersel, M.W. 2000. Growth and maintenance respiration of *Catharanthus roseus* L. estimated from CO_2 exchange. American Journal of Society of Horticulture Science, Acta Horticulture 519: 133-140.

Van Iersel, M.W., and Seymour, L. 2000. Growth respiration, maintenance respiration and carbon fixation of *Vinca*: a time series analysis. Journal of American Society of Horticulture Science 125 (6): 702-706.

Walker, S., and Ogindo, H.O. 2003. The water budget of rainfed maize and bean intercrop. Physics and Chemistry of the Earth 28: 919-926.

Yi Kai, Z., Fan Jun, C., Long, L., Yan Hua, C., Bing Ran, C., Yu Ling, Z., Li Xing, Y., Fu Suo, Z., and Guo Hua, M. 2012. The role of maize root size in phosphorus uptake and productivity of maize/ faba bean and maize/ wheat intercropping systems. Science China, Life Sciences 55 (11): 993-1001.

Zarifpour, N., Naseri Poor Yazdi, M., and Nassiri Mahallati, M. 2014. Evaluate the effect of different intercropping arrangements of cumin (*Cuminum cyminum* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) on quantity and quality characteristic of species. Iranian Journal of Field Crops Research 12 (1): 34-43. (In Persian with English Summary)

Zhang, F., and Li, L. 2003. Using competitive and facilitative interactions in intercropping systems enhances crop productivity and nutrient- use efficiency. Plant and Soil 248: 305-312.

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.2, Summer 2019, p. 543-560

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 2، تابستان 1398، ص 560-543

Effect of intercropping rates of cumin (*Cuminum cyminum* L.) and Persian shallot (*Allium altissimum* Regel.) on their growth indices

J. Meshkani[1], M. Kafi[2]*, S. Khorramdel[3] and F. Moallem Benhangi[4]
Submitted: 19-09-2017
Accepted: 23-07-2018

Meshkani, J., Kafi, M., Khorramdel, S., and Moallem Benhangi, F. 2019. Effect of intercropping rates of cumin (*Cuminum cyminum* L.) and Persian shallot (*Allium altissimum* Regel.) on their growth indices. Journal of Agroecology. 11 (2): 543-560.

Introduction

Cumin (*Cuminum cyminum* L.) is a small annual herbaceous and annual medicinal plant that is a member of the aromatic plant family (Apiaceae). It is planted in arid and semi-arid regions of Iran. The seeds are used to add flavor to spicy dishes. Cumin seeds contain numerous phytochemicals that are known to have antioxidant, carminative and anti-flatulent properties. In addition, the seeds yield about 22% fats, numerous free amino acids, and a variety of flavonoid glycosides. Persian shallot (*Allium altissimum* Regel.) is a medicinal, industrial and perennial plant that belongs to the Alliaceae family and has underground bulbs. It is native and endemic of Iran and grows wild on the mountains quite resistant to cold and freezing stress. Persian shallot is widely used in food and medicinal industries. Intercropping allows for improved resource use efficiency such as light, water and nutrients and beneficial interactions between the plants. Intercropping work to decrease the spread of plant diseases by reducing the quantity of susceptible host plants. Other benefits of intercropping include optimal use of resources, stabilization of yield, weed suppression, improved soil fertility conservation, and higher economic returns. The paper evaluated the effect of intercropping ratios as replacement series of cumin and Persian shallot on growth physiological indices such as dry matter (DM), leaf area index (LAI), crop growth rate (CGR) and relative growth rate (RGR).

Materials and methods

This experiment was conducted based on a randomized complete block design with three replications at the Agricultural Research Station, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad during growing season of 2014-2015. Replacement intercropping ratios such as 80% cumin+20% shallot, 60% cumin+40% shallot, 50% cumin+50% shallot, 40% cumin+60% shallot, 20% cumin+80% shallot and their monoculture were considered as treatments. Plant density for shallot bulbs and cumin seeds were considered as 10 bulbs.m^{-2} and 120 plants.m^{-2}, respectively. DM, LAI, CGR and RGR were measured and calculated were measured and calculated. In order to measure the growth indices, the destructive samplings were carried out every 10 days from 50 cm of row in each plot. All plants were harvested by cutting at the soil surface. Plants were then divided into leaf and stem. The areas of green leaves were measured using a Delta-T leaf area meter (Delta-T Devices, Cambridge, England). Then the samples including stems and leaves were dried in a forced-air oven at 70 $^{\circ C}$ for 48 h and after witch DM was measured. The leaf area data was divided to ground area and the leaf area index (LAI) was obtained. The LAI data was fitted to the equation to predict the LAI in growth season. The sigmoid equation was fitted to the TDM data and by derivation from this equation, CGR and RGR were obtained. The graphs were drawn by Excel.

Results and discussion

The results showed that the maximum and the minimum DM of cumin and Persian shallot were observed in their monoculture with 426 and 289 g.m^{-2}, respectively. Crop growth rate of cumin reached to its peak in 50 days after planting followed by a decreasing trend afterwards, the highest and the lowest CGR were recorded in monoculture (8.45 g.m^{-2}.d^{-1}) and 20% cumin+80% Persian shallot (13.7 g.m^{-2}.d^{-1}), respectively. For Persian

---

1, 2, 3 and 4- MSc Student in Agroecology, Professor, Associate Professor and PhD Student in Agroecology, Department of AgrotechnologyCollege of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: mkafi@um.ac.ir)
Doi:10.22067/jag.v11i2.67513

shallot, the time was calculated with 55 days after emergence. The maximum and the minimum CGR of Persian shallot were calculated for its monoculture (8.0 $g.m^{-2}.d^{-1}$) and 80% cumin+20% Persian shallot, respectively. RGR in all intercropped treatments declined as plant age increased, so that at the end of growth season RGR got close to zero. At the beginning of growth stage, due to radiation penetration and less shading and less respiration, RGR is more and its reduction slope is less.

Conclusion

The results indicated that the intercropping of cumin with Persian shallot increased growth physiological indices such as LAI, DM, CGR and RGR. Studied traits of cumin and Persian shallot were increased by changing in planting ratios from intercropping to its monoculture. The results confirmed the better use of resources especially for radiation and water of these plants in intercropping treatments.

Keywords: Crop growth rate, Growth physiological indices, Leaf area index, Medicinal plants, Relative growth rate